



Merenkululaitos
Suomenlahden merenkulupiiri

MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI
ANKKURIRAKENTEIDEN KOETUTKIMUS



SUOMALAINEN INSINÖÖRITOIMISTO OY

10.1.1996

MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI

ANKKURIRAKENTEIDEN KOETUTKIMUS

SISÄLTÖ

1. TEHTÄVÄ
2. IDEOINTIVAIHE
3. KOETYÖ
 - 3.1 Koekohteen valinta
 - 3.2 Koetyön suoritus
4. TUTKIMUSTULOKSET
5. LASKENNALLINEN TARKASTELU
6. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

LIITTEET JA PIIRUSTUKSET

Koetulokset	Liite	1.1 - 1.5
Liite kuvat 1-6	Liite	2
Turvalaitteet ja painopistearvot	Liite	3
Viitan nykyinen ankkurointi	Liite	4
ProFound maa-ankkuri	Liite	5
Ankkuroinnin laskennallinen tarkastelu	Liite	6
Koekohteen kartta ja maaperäleikkaukset	Liite	7.1 - 7.6

1. TEHTÄVÄ

Merenkulun turvalaitteista lukumääräisesti suurinta ryhmää edustavat viittamerkit. Suomenlahden alueella viittojen kokonaismäärä on 1917 kpl (3.11.1994) ja määrä kasvaa nopeasti, koska veneilyn väyläverkko laajenee jatkuvasti. Turvalaitteiden painopistearvoilla mitattuna viitat ovat linjamerkkien jälkeen tärkeimpiä väylämerkkejä (liite 3).

Viittojen ankkurointiin käytetään nykyisin maapohjaisilla alueilla noin 1000 kg:n pohjapainoja, joihin viitat kiinnitetään ankkuriketjulla (liite 4). Kalliopohjilla käytetään porattuun reikään sijoitettuja kiinnitysrakenteita.

Ongelmana on ollut maapohjilla viittojen pohjapainojen pienet, yleensä jäiden aiheuttamat siirtymiset ja näistä johtuvat muutokset väylän merkittyyne sijaintiin. Raskaiden pohjapainojen kuljetukset edellyttävät lisäksi tarkoitukseen soveltuvan vene- ja siirtokaluston käyttöä.

Tämän ideointi- ja koetyön tarkoituksena on ollut selvittää erilaisiin pohjamaihin soveltuvan maa-ankkurin käyttömahdollisuutta korvaamaan nykyiset painoankkurit. Maa-ankkurista tutkitaan käyttökelpoinen rakenne, asennustyön suorittaminen ja viitan kiinnitysrakenteet sekä näiden vaikutus käytettävään kuljetuskalustoon.

Ankkurirakenteelle asetettiin seuraavat lähtövaatimukset:

1. Kestää vetovoimaa vähintään 20 kN ($F > 2,0$).
2. Asennussyvyys yleensä alle 5 m.
3. Soveltuu erilaisiin maaperiin. Lähinnä silttiä karkearakeisempiin maa-aineksiin ja erilaisiin moreeneihin.
4. Ankkurin pettämisen tulee näkyä selvästi viitan asennon / sijainnin muutoksena.
5. Rakenteen ja asentamisen tulee olla luotettava ja kokonaiskustannuksiltaan edullinen (hankinta, asennus, kunnossapito).

2. IDEOINTIVAIHE

Ideointivaiheen aikana on selvitetty erilaisten asennusrakenteiden käyttömahdollisuudet muistion 11.1.1995 mukaan. Jatkosuunnittelussa päätettiin tutkia ensisijaisesti maahan tunkeutuvien ankkurirakenteiden käyttökelpoisuus.

Koetyö päätettiin suorittaa erilaisissa maaperäolosuhteissa maahan lyötävää maa-ankkuria käyttäen. Ankkuriksi valittiin ProFound-merkkinen maa-ankkuri, jonka käytöstä oli jo runsaasti kokemuksia mm. erilaisten rakennusten ja rakenteiden kiinnitysrakenteena (liite 5). Ankkurin maahan lyönti tehdään heijarilla. Ankkurointi tapahtuu maassa avautuvan kärkikappaleen avulla (kuva 1).



Kuva 1. Maa-ankkurin avattava kärkiosa

3. KOETYÖ

3.1 Koekohteen valinta

Koetyö päätettiin suorittaa maalla "kuivissa" olosuhteissa, jolloin kohdealueen valinta ja ennakkoselvitykset, mm. kairaukset olisi helppo suorittaa. Tällöin myös koekuormituksen vaiheet voidaan luotettavasti havaita.

Tutkimusalueeksi valittiin rakenteilla olevan kantatien 50 (Kehä III) työmaa-alue, jossa oli jo valmiina kairaustietoa maaperästä ja hyvät yhteydet valituille työkohteille.

Koekohteita oli yhteensä viisi, joista kolme sijaitsi moreenialueilla, yksi pehmeällä savikolla ja yksi silttialueella. Maa-ankkurin tyyppi valittiin pohjamaan laadun mukaan.

3.2 Koetyön suorittaminen

Maa-ankkureiden asennustyön suoritti Pohjanmaan Maa-ankkuripalvelu Oy. Asennuskoneena käytettiin monitoimikairaa GM1000, jolla myös tehtiin täydentävät maaperätutkimukset.

Koetyössä lyötiin ensin maa-ankkuri haluttuun syvyyteen (1,5 - 2,0 m). Maa-ankkurin kruunu avattiin vetämällä ankkuria sisätangosta ylöspäin, jolloin paikallaan pidetty suojaputki (vastakappale) aukaisi kruunun siivet. Viritysvaiheen jälkeen ankkuritangon ylösnousun suuruus mitattiin ja arvioitiin ankkurin avautumiskulma.

Koeponnistus suoritettiin käyttäen 10 tn tunkkia. Kokeessa ankkuritanko kiinnitettiin jäykkään palkkiin, jota nostettiin ylöspäin ja mitattiin ankkurin nousun suuruus (kuva 2).



Kuva 2. Maa-ankkurin koekuormituslaitteisto

4. KOETYÖN TULOKSET

KOEALUE 1 JA 2

Kohteella 1 maaperä on tiivistä siltimoreenia, johon maa-ankkuri saatiin tunkeutumaan 1,35 m syvyyteen. Ankkuri avautui vain osittain viritysvaiheen aikana (70/150 mm; ankkuritangon todellinen liike ylöspäin/täydellisen avautumisen edellyttämä liike ylöspäin). Koeponnistuksessa ei saavutettu murtotilaa. Nostovoimalla 50 kN ankkuri nousi noin 30 mm (liite 1.1).

Kohteella 2 maaperä on savea, jossa leikkalujuus koesyvyydellä (1,6 m) oli noin 15 kN/m². Viritysvaiheen aikana kruunu avautui kokonaan (270 / 250 mm) jolloin sen halkaisija oli noin 550 mm.

Koeponnistuksessa savi murtui ja kruunu liikkui ylöspäin, kun nostovoima oli noin 17 kN (liite 1.2).

KOEALUE 3

Alueen maaperä on kivistä moreenia, jossa ankkuri lyötiin 1,9 m syvyyteen. Ankkuri avautui lähes kokonaan (130 / 150 mm). Ankkuria kuormitettiin kolmessa eri vaiheessa 40 - 50 kN:n nostovoimalla. Ankkuri liikkui nykäyksittäin ylöspäin kun voima ylitti 40 kN:n (liite 1.3).

KOEALUE 4

Maaperä on savea ja silttiä. Ankkurin upotussyvyys oli 1,9 m ja ankkuri avattiin täysin (150 / 150 mm). Silttinen maa murtui ja ankkuri liikkui ylöspäin nostovoimalla 25 - 30 kN (liite 1.4). Ankkuri vedettiin kokonaan ylös, jolloin havaittiin ankkurin siipien vääntyneen alaspäin (liitekuva 3).

KOEALUE 5

Maaperä on keskitiivistä kivistä moreenia, jossa ankkuri lyötiin 1,9 m syvyyteen. Maaperän kivisyydestä johtuen ankkuri avautui vain osittain (75 / 150 mm).

Ankkuri liikkui selvästi ylöspäin nostovoimalla 50 - 60 kN (liite 1.5).

5. LASKENNALLISET TARKASTELUT

Ankkurien kapasiteettia arvioitiin myös laskennallisesti. Maalajien erilaisen käyttäytymisen johdosta laskettiin moreenissa olevien ankkurien 1, 3 ja 5 murtokuorma eri menetelmillä kuin savessa olevien ankkureiden 2 ja 4 murtokuorma.

Kitkamaassa olevien ankkurien kapasiteetti laskettiin kahdella menetelmällä:

Ensimmäinen tapa on olettaa murtumisen tapahtuvan sylinterin muotoisena kappaleena, jolloin murtokuorma muodostuu sylinterin painosta ja sen ulkopinnan kitkavastuksesta. Toinen tapa on olettaa murtumisen tapahtuvan niin, että ankkuri nostaa ylös kartion muotoisen maakappaleen. Tällöin murtokuorma on ylös kohoavan maakappaleen paino.

Savimaassa murto tapahtuu leikkautumalla sivuille, jolloin murtokuormaan vaikuttavat vain saven leikkauslujuus ja ankkurin pinta-ala.

Laskelmat on esitetty liitteessä 6.

Taulukko 1. Mitatut ja eri menetelmillä lasketut ankkurien murtokuormat.

Piste	F_{\max} (kN) mitattu	F_{\max} (kN) laskettu	F_{\max} (kN) tapa 2	F_{\max} (kN) veden alla	Maalaji
1	51	32,1	22,2	17,8	Mr
2	20	24		24	Sa
3	55	64,5	60,3	35,8	Mr
4	30	21		21	Sa, Si
5	85	68,7	64,6	38,2	Mr

F_{\max} veden alla tarkoittaa laskennallista kapasiteettia olettaen, että pohjavesi on maanpinnassa.

Ankkurien laskennallinen murtokuorma kuivissa olosuhteissa on ollut keskimäärin 90 % mitatusta.

6. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Koetyön perusteella maa-ankkureiden käyttö on mahdollista karkearakeisen maan, soran ja moreenien alueilla. Kuivissa pohjaolosuhteissa saavutetut vetovoimat olivat yleensä 30 - 60 kN, jonka jälkeen ankkurin havaittiin liikkuvan ylöspäin. Laskennallinen tarkastelu osoittaa, että pohjavesipinnan alapuolella maa-ankkurin lyöntisyvyyttä tulee lisätä noin 30 % verrattuna kuivan maaperän koeolosuhteisiin. Koetuloksien ja laskelmien mukaan ankkurin murtokuormat ylittävät selvästi asetetut tavoitteet ($F > 2$) ja vastaavat yleensä > 5 tn betonipainoja.

Silttimaassa tulee kruunun kokoa suurentaa koetyökruunuun verrattuna. Maa-ankkurin käyttö lieenee tällöin mahdollista myös silttimaissa.

Savialueille maa-ankkuri ei sellaisenaan sovellu vaan edellyttää lisäksi esim. erillisten painojen käyttöä.

Maa-ankkurin käyttöselvityksiä tulisi jatkaa todellisissa meriolosuhteissa ja ankkuroida muoviputkiviitaa väyläsuunnitelmassa osoitetulle paikalle. Työalustana voidaan käyttää ensivaiheessa jäätä.

Koetyön perusteella tulisi jatkotutkimuksissa selvittää mm.

- Ankkurirakenteen kehittäminen
 - riittävä avautuminen / kiinnipito tulisi tapahtua myös kivisissä moreenimaissa
 - porattavan ankkurin ja injektointimassan käyttö kivisissä pohjamaissa vaihtoehtorakenteena

- Lyöntitangon kehittäminen
 - tangon halkaisijan suurentaminen niin, että se on riittävän tukeva asennusvaiheessa ja kestävä käyttövaiheessa esim. \varnothing 32 mm:n heijarikairan tankokalusto.
 - ankkuritangon pituus (≥ 2 m) ja yläpään liitos jatkotankoon selvitetään. Liitostappi, joka voidaan irrottaa asennusalueen tasolta (ei sukeltajaa)
 - putkiviitan kiinnityslenkit ankkuritangon yläpäässä ja viitan kiristäminen (ei sukeltajaa). Kiinnityksen varajärjestelmä.
- Työkone ja työalusta
 - käytetään työhön konetta, joka suorittaa maahanlyönnin ja virityksen tehokkaasti ja hallitusti. Mahdollisesti monitoimikaira, jossa on painokairaus-, heijari- ja porakonevarustus
 - pyritään tavanomaisten koneiden käyttöön, jolloin varaosat ja huolto toimivat hyvin
 - työalustana voi talvella toimia jää varsinkin järvialueilla ja normaalisti jäätyvillä merialueilla. Kesätyöhön soveltuvan lautan tai aluksen rakenne, ankkurointi, kantavuus tulee selvittää.
- Ankkurin koeponnistus
 - päätetään vetovoima, jolla jokainen ankkuri koeponnistetaan esim. 40 kN vetovoimalla
 - kehitetään ankkurin asennuskoneeseen koeponnistustaitteet ja mittaristo, joilla työ voidaan suorittaa nopeasti ja yhtäjaksoisesti.

SUOMALAINEN INSINÖÖRITOIMISTO OY


Jukka Venhola

Pekka Mantere

*Liitekuva 1.
Maa-ankkuri moreenialueella*



Liitekuva 2. Koetyössä käytetty monitoimikaira GM1000.

*Liitekuva 3.
Silttaalueella ylösvedetty
maa-ankkuri*



Liitekuva 4. Saviankkuri avattuna.

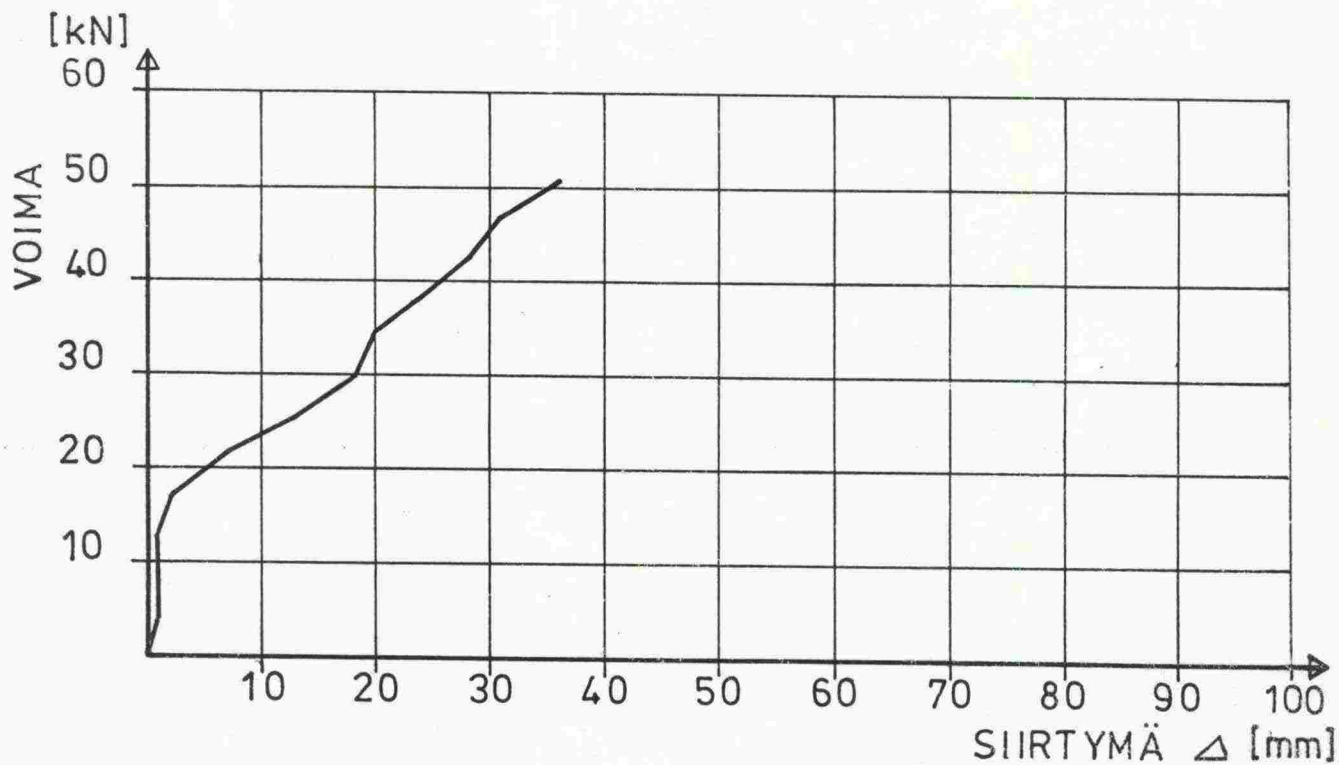
*Liitekuva 5.
Maa-ankkuri savialueella*



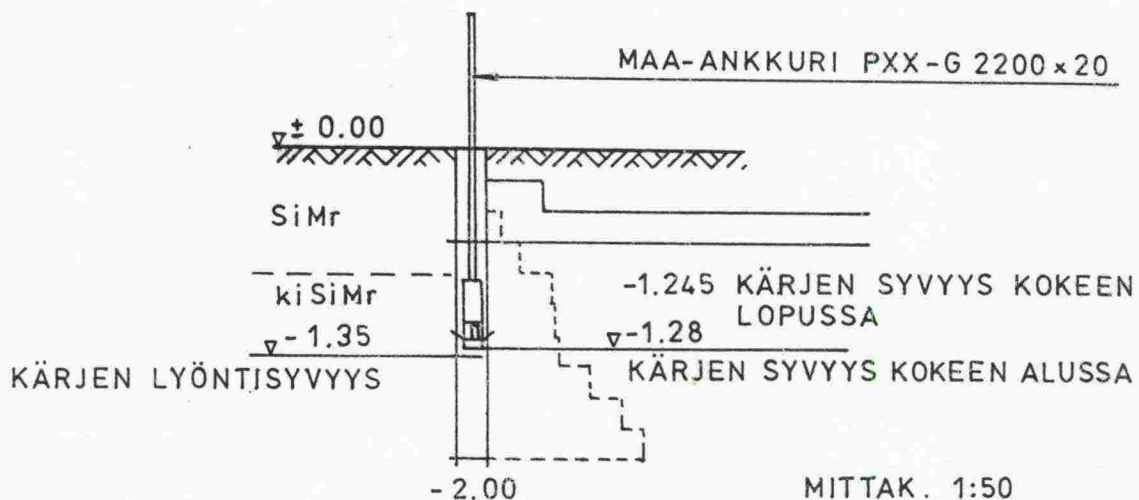
Liitekuva 6. Maa-ankkurin koekuormitusvälineistö.

MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI MAA-ANKKURIN VETOKOE

PISTE 1

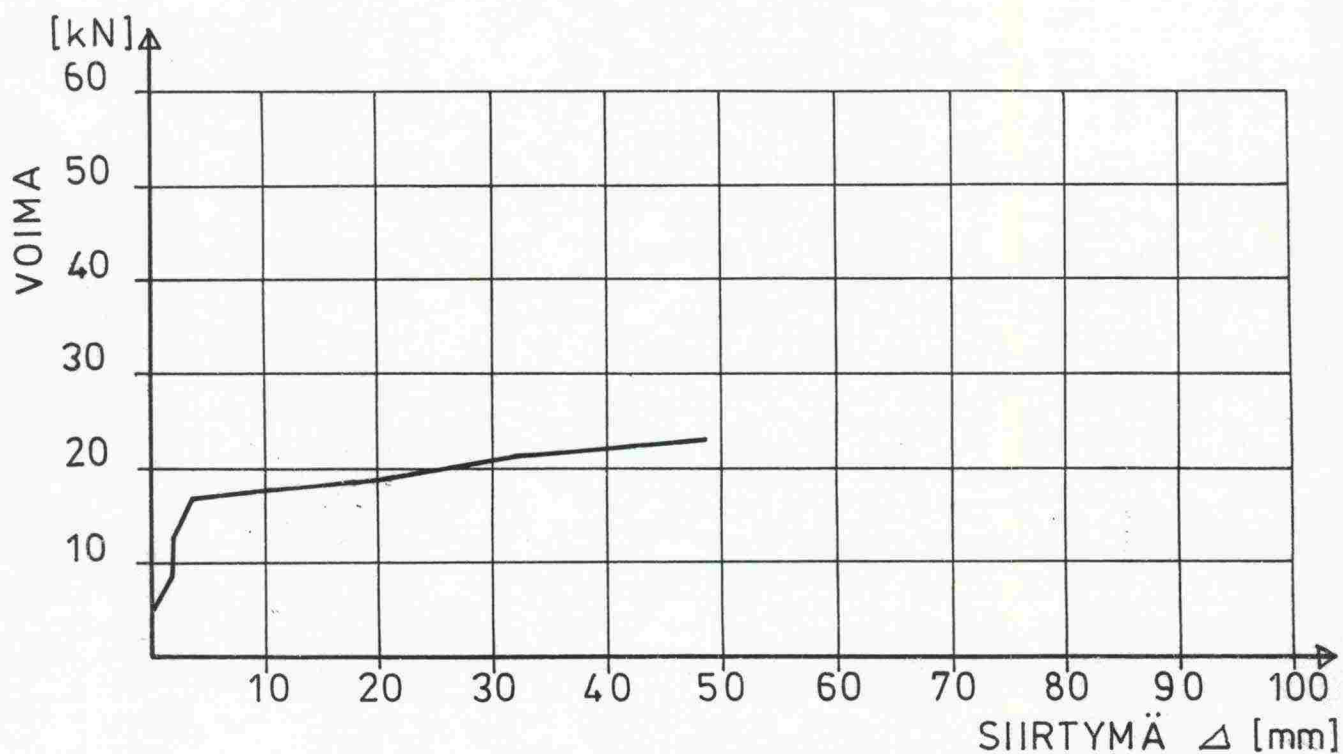


HUOM. TIIVIIN MAAN TAKIA ANKKUROINTIKRUUNU AVAUTUI VAIN OSITTAIN (TANKO NOUSI 70 mm; KRUUNU ON TÄYSIN AUKI 150 mm:N YLÖSVEDOLLA)

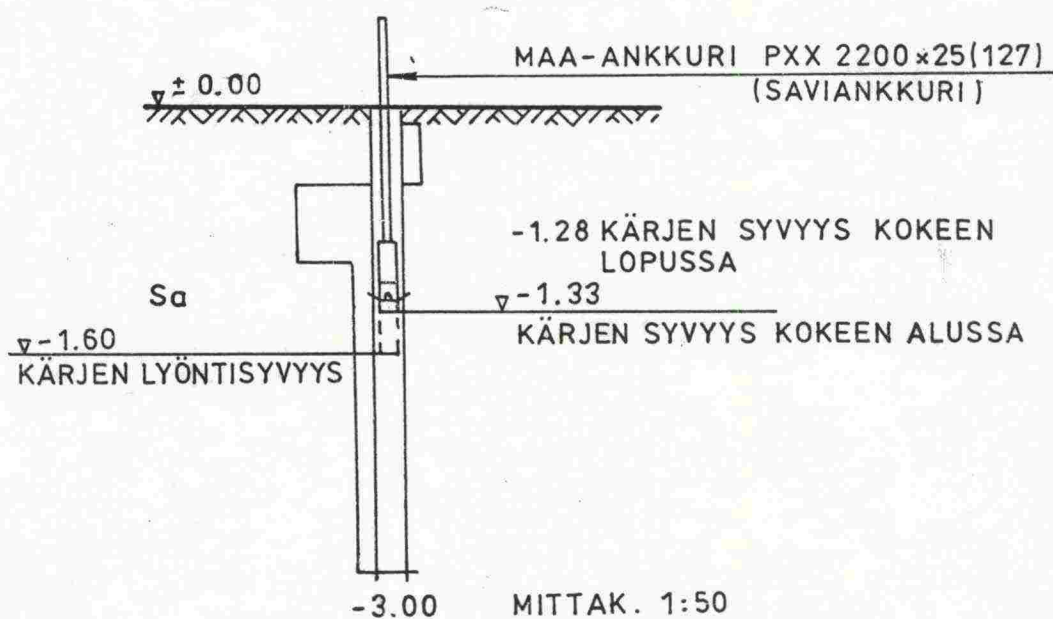


MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI
MAA-ANKKURIN VETOKOE

PISTE 2

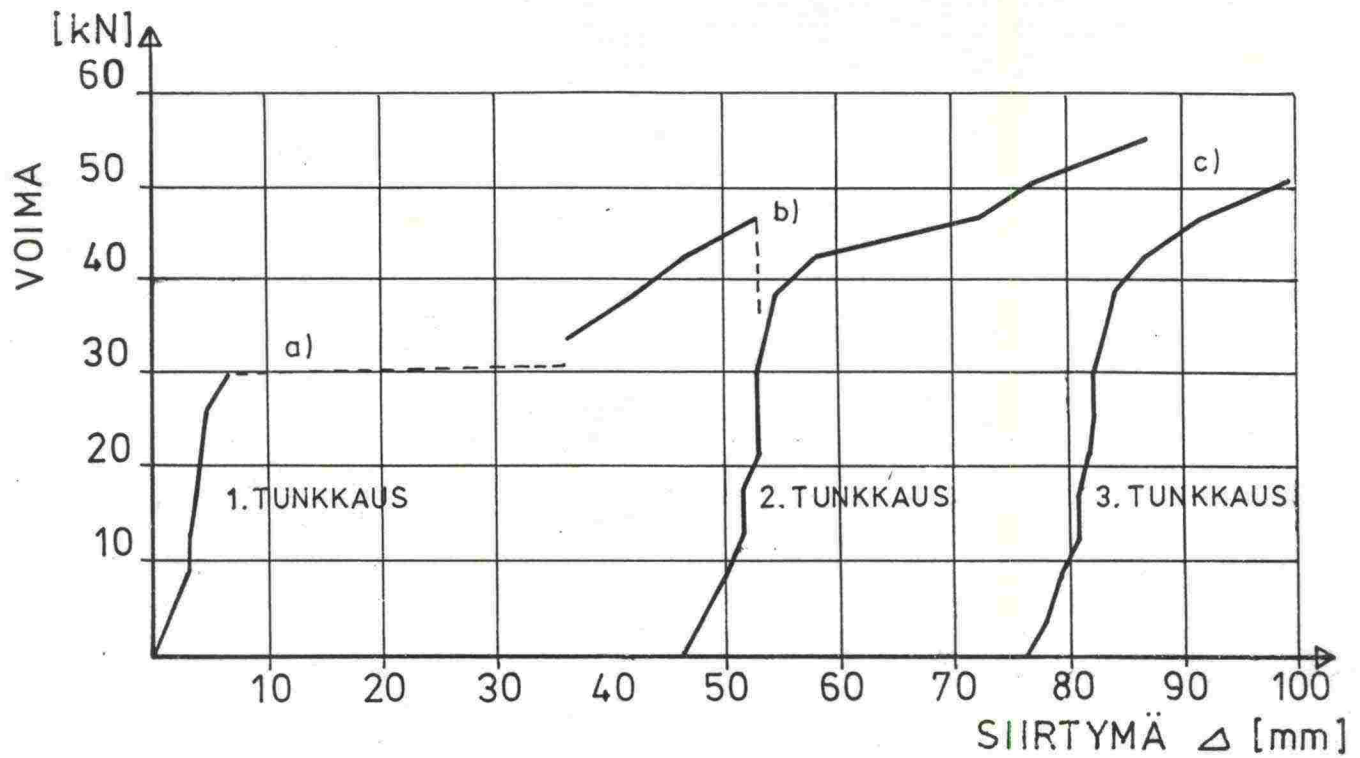


HUOM. KOE KESKEYTETTIIN, KOSKA MAA MURTUI JA SIIRTYMÄ OLISI
TODENNÄKÖISESTI KASVANUT ILMAN KUORMAN LISÄYSTÄ

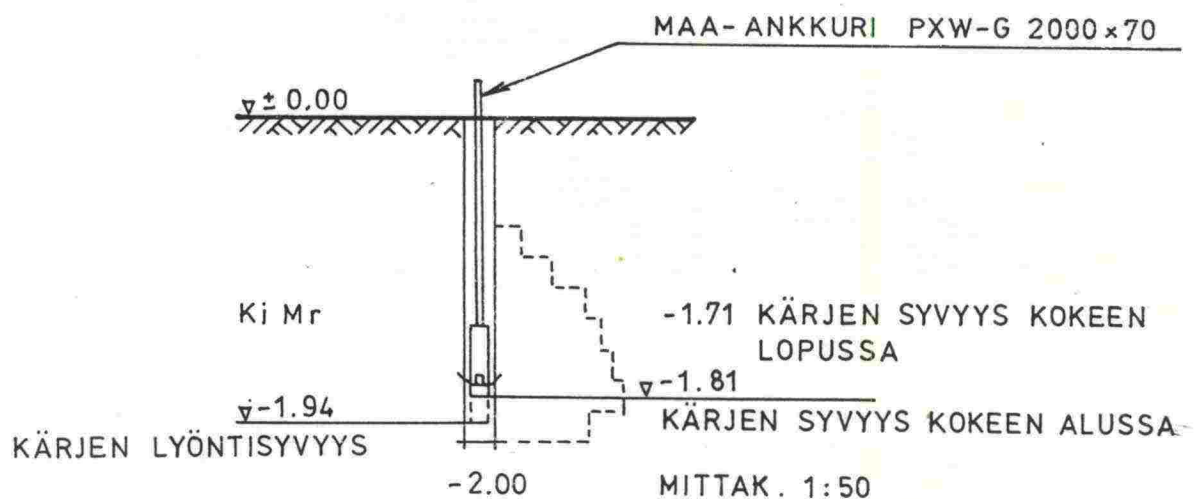


MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI
MAA ANKKURIN VETOKOE

PISTE 3

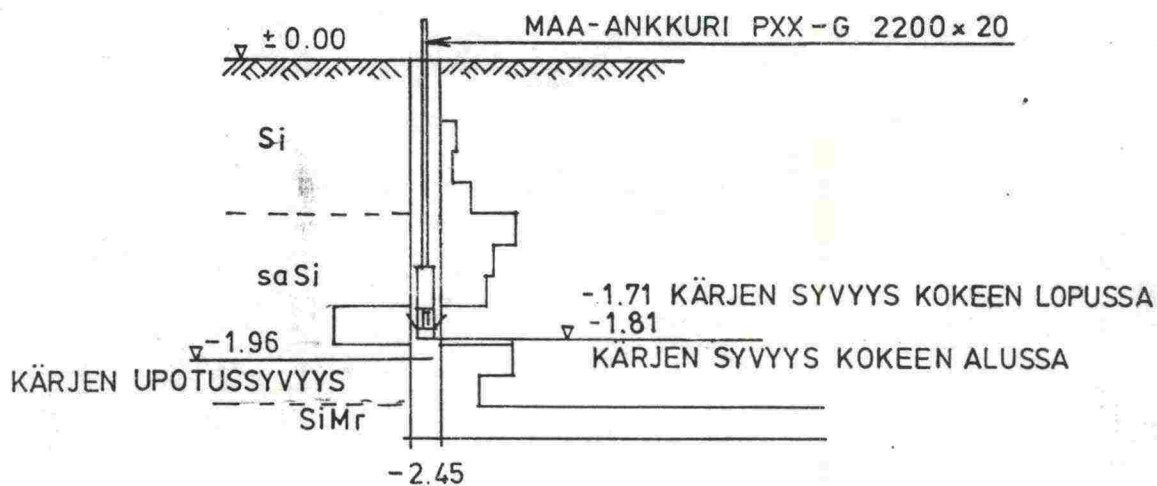
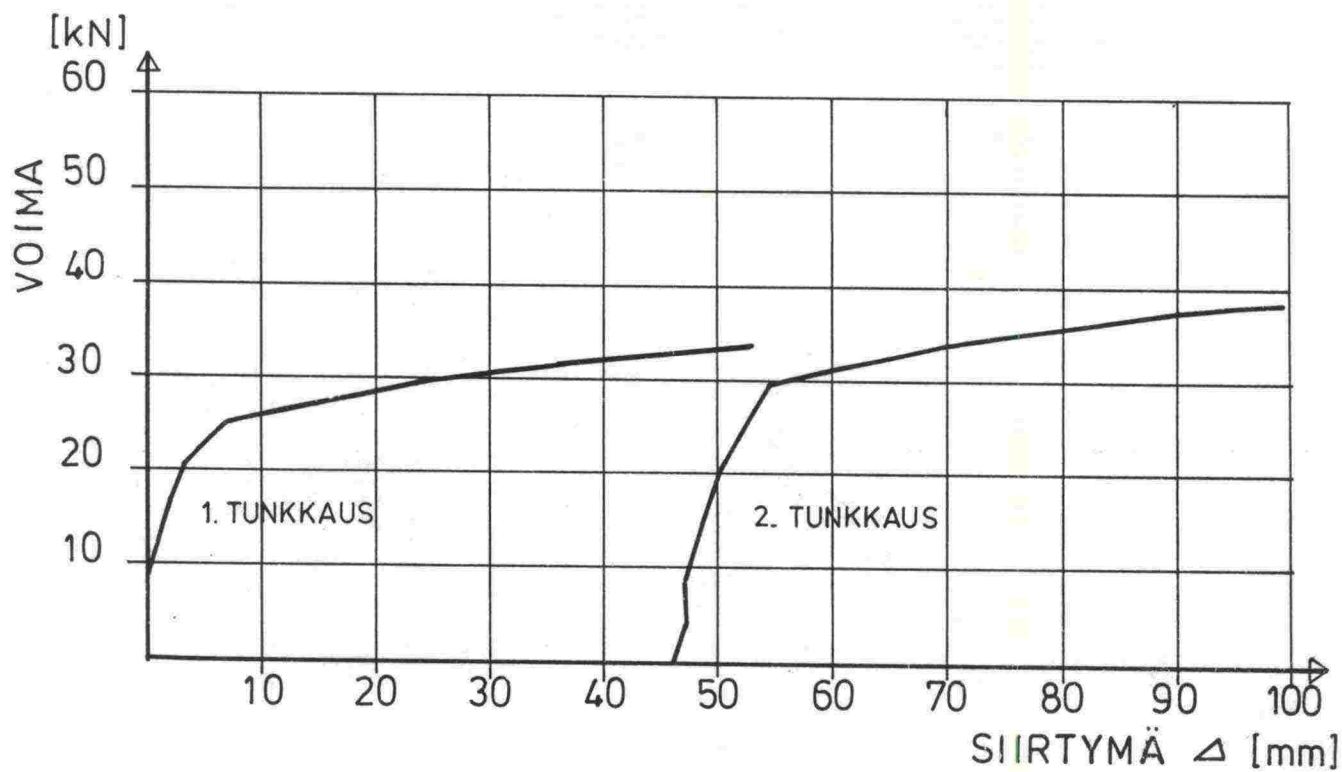


HUOM. a) ANKKURI ANTOI MYÖTEN N.20 mm ; MITTAKELLO LIKKUI
b) VOIMA LASKI, TUNKKI ASENNETTIIN UUELLEEN
c) PAINE EI NOUSSUT ENÄÄ



MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI
MAA-ANKKURIN VETOKOE

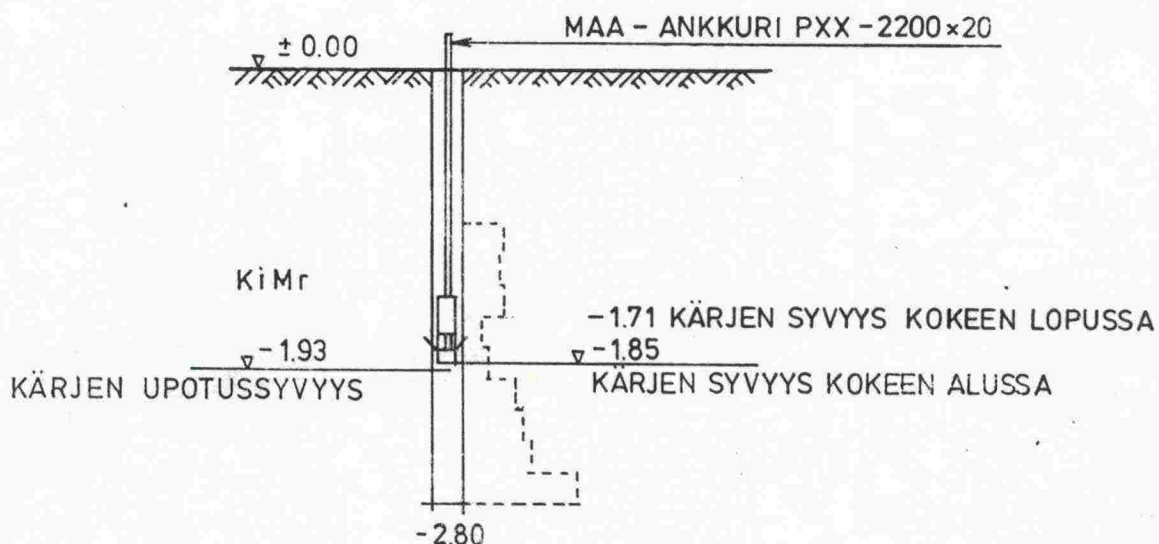
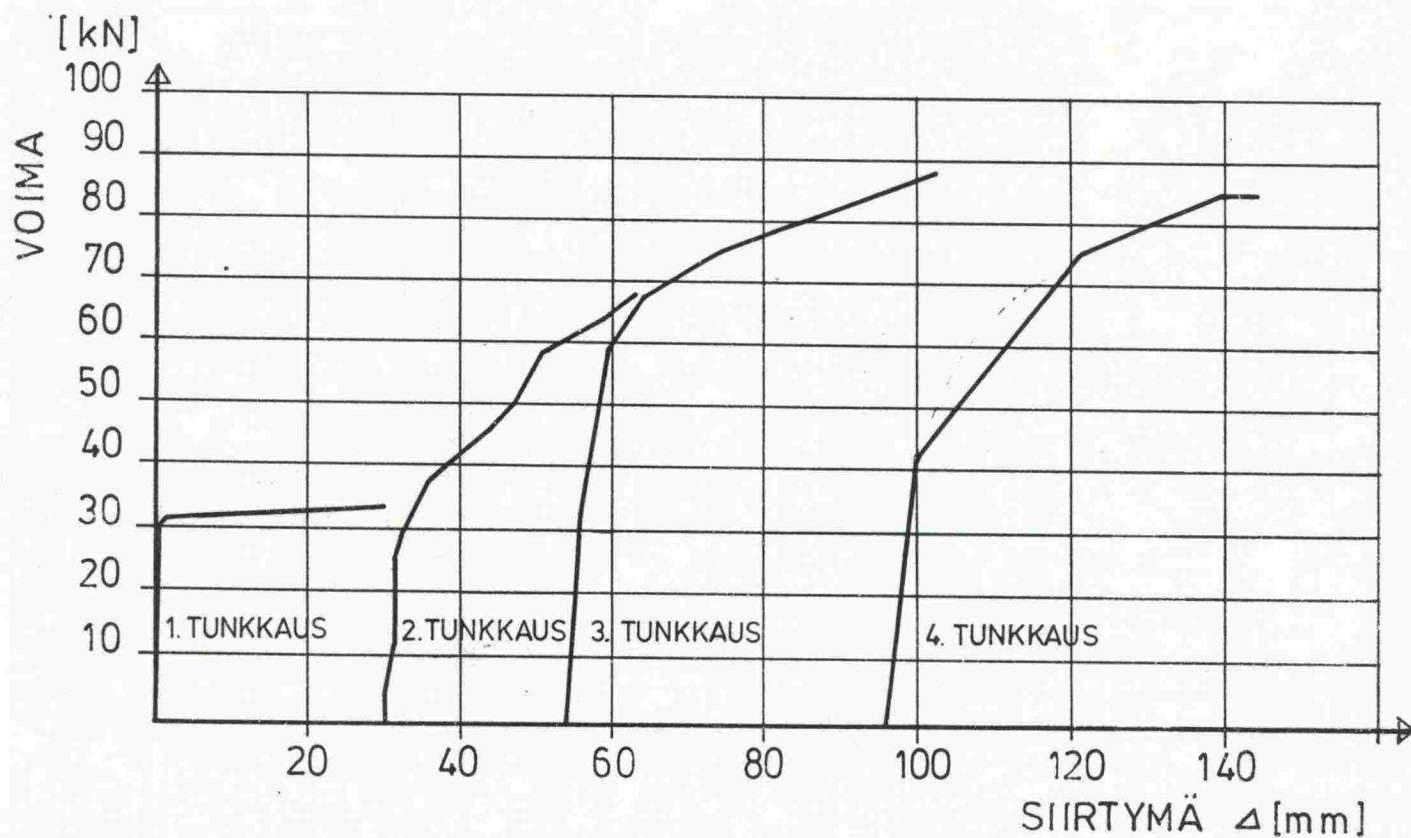
PISTE 4



MITTAK. 1:50

MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROINTI MAA-ANKKURIN VETOKOE

PISTE 5



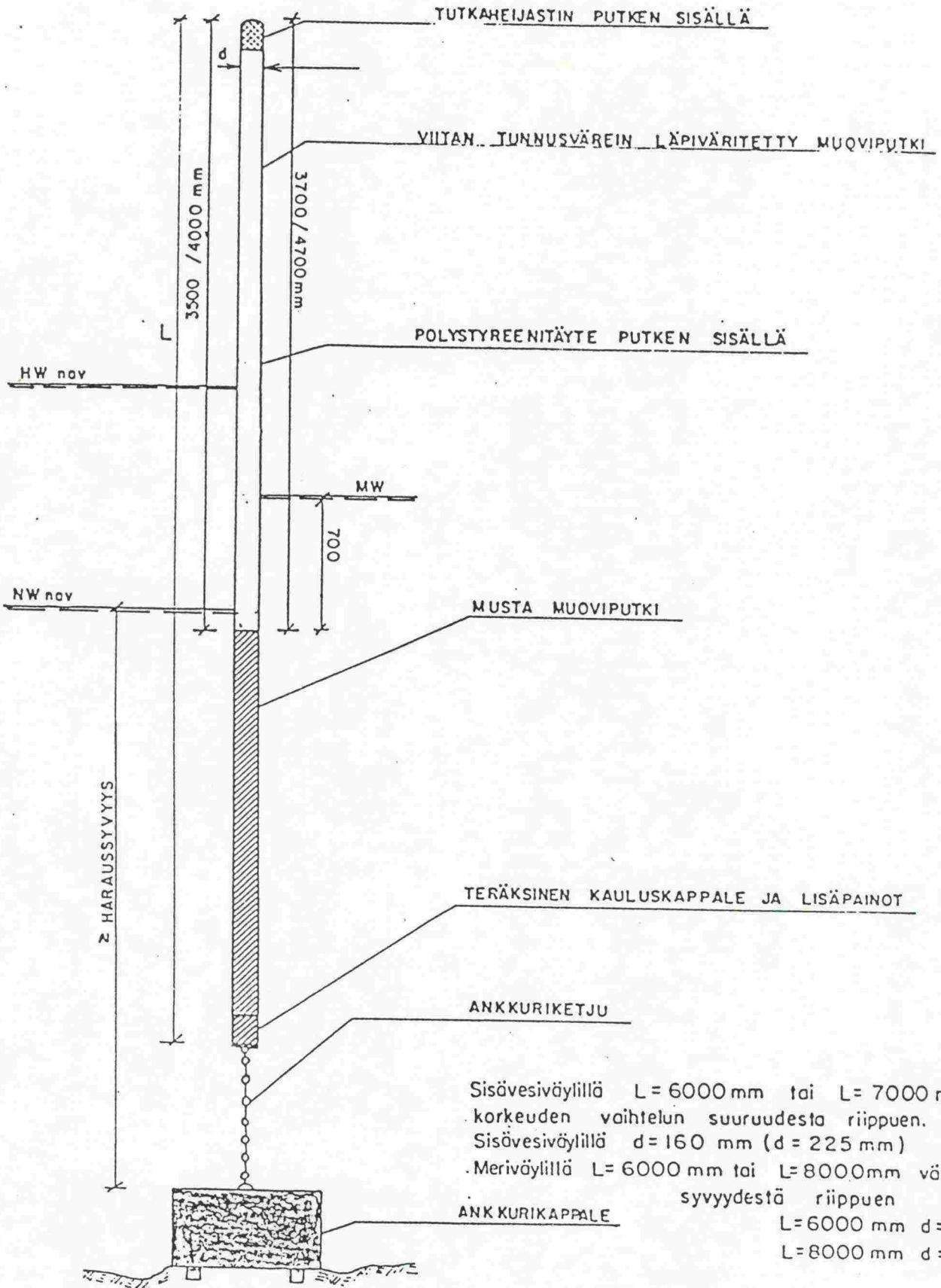
TAULUKKO 17:

TEKNILLINEN OIIMIALA 3.11.1994
VÄYLÄNHOITOALUEEET
TURVALAITTEIDEN PAINOPISTEARVOT

TURVALAITETYYPPI	PAINOARVO	KOTKA	LOVISA	EMÄSALO	HELSINKI	PORKKALA	HANKO
		KPL	PAPISTE	KPL	PAPISTE	KPL	PAPISTE
Majakat	8	1	8	2	16	1	8
Sektoriloistot	5	16	80	4	20	9	45
Muut loistot	3	3	9	4	12	(9)	27
Linjamerkit	4	115	460	128	512	154	616
Reunamerkit	5	(14)	70	6	30	8	40
Tutkamerkit	2	(15)	30	14	28	7	14
Pojjut	3	(63)	204	23	69	47,	141
Väit	1	340	340	329	281	286	286
Kummit	1	11	11	10	13	32	32
Tunnusmajakat	1	(2)	2	0	1	0	0
YHTEENSA		585	1214	520	437	553	1209
			483	1026	821		658
			955				1394

SISÄVESIVÄYLÄT

MERIVÄYLÄT

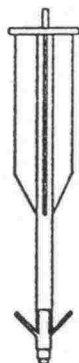


KARDINAALIVIITTA / MK 1:40



ProFound maa-ankkuri

Taulukko PF 01 Mitoittavan kantokyvyn ohjearvo, murtorajatila kN



Kuormitukset

- ↑ Veto
 ↓ Puristus
 → Vaakavoima

*Maa-ankkuri on tyyppi-
hyväksytty Ruotsissa*

*Ruotsalaisten normien
mukaan.*

	Kitkamaa, suhteellinen tiiviys									Savi		
	Löyhä			Keskitiivis-tiivis			Erittäin tiivis			Kiinteä savi		
Tyypimerkintä	↑	↓	→	↑	↓	→	↑	↓	→	↑*	↓	→
PXW-G 1000x34	1	10	2	3	13	3	7	30	3	2	5	2
PXW-G 1500x34	2	10	2	4	13	5	8	30	5	3	5	2
PXW2-G 1000x34	2	10	3	5	13	4	8	30	6	3	5	4
PXW2-G 1500x34	2	10	4	7	13	6	15	30	7	4	5	4
PXW-G 1000x50	2	10	4	6	14	5	9	35	8	2	5	4
PXW-G 1500x50	3	10	5	11	15	10	21	50	10	4	8	9
PXW-G 1500x70	6	15	10	14	23	14	22	60	14	5	13	12
PXW-G 2000x70	7	15	13	15	23	14	23	60	14	6	13	12
PXW-G 1500x90	6	15	11							5	13	13
PXW-G 2000x90	8	15	15							6	13	16

Taulukko PF 01 pätee turvallisuusluokassa 1 (pieni riski)

Turvallisuusluokassa 2 (kohtalainen riski) annettu arvo jaetaan 1,1:llä.

Turvallisuusluokassa 3 (suuri riski) annettu arvo jartaan 1,2:lla.

*Kaksoiskruunu antaa pienemmät liikkeet ja jopa kaksinkertaisen arvon mitoittavalle kantokyvylle.

Yllämainittujen ankkurityyppien lisäksi joukko yhdistelmämahdollisuuksia (pituudet, dimensiot, siipityyppi, kruunutyyppi yms) antaa samanlaiset arvot mitoittavalle kantokyvylle. Yksityiskohtaisempaa mitoitusta varten voidaan tutkia kuorm/siirtymäyhteys, roudan vaikutus ym.

Tämä kuormitustaulukko kuuluu allamainitulle: Alueellinen palveluyrityksesi on:

Gunnar Smeds
Suomen ProFound Oy
Rautatienkatu 24B
686 00 Pietarsaari/Finland
Tel.967-234 871 Fax.967-234 784

Jordankartjänst i Österbotten AB
Friggasvägen 8
685 00 Kronoby/Finland
Tel.968-457 47 Fax.968-459 40

MUOVIPUTKIVIITAN ANKKUROIINTI

ANKKUREIDEN KAPASITEETIN LASKENNALLINEN TARKASTELU

1
YLEISTÄ

Ankkureiden murtokuormia arvioitiin laskemalla käytettävissä olevien pohjasuhdetietojen perusteella. Laskennallisten tarkastelujen tarkoituksena oli verrata tavanomaisilla laskentamenetelmillä saatuja tuloksia toteutuneisiin ankkureiden vetokapasiteetteihin ja tarkistaa laskentamenetelmien luotettavuus.

Tavoitteena oli saavuttaa varmuus hallita ankkurien mitoitus laskennallisesti. Tällöin ankkurin pituus voidaan valita sopivaksi pohjasuhdetietojen mukaan ennakkoon. Näin vältetään tarpeetonta ylimitoitusta ja toisaalta alimitoitusta joka johtaa ankkurien rikkoutumiseen koevedoissa. Tapauksissa joissa koevetoa ei voida tehdä, joudutaan luottamaan laskennalliseen kapasiteettiin.

Ankkurien murtokuorma laskettiin soveltaen kitkamaassa ja koheesiomaassa eri menetelmiä.

2
KITKAMAA-ANKKURIT
N:O 1,3 JA 5

Murtokuorma saatiin laskemalla yhteen ankkurin päällä olevan sylinterinmuotoisen maakappaleen paino ja sylinterin ulkopintaan vaikuttavan maanpaineen aiheuttama kitkavoima. Ankkurin halkaisijana käytettiin 300 mm. Maanpaineena käytettiin maan passiivipainetta.

Maa oli keskitiivistä moreenia ja pohjavesi oli syvemällä kuin ankkurointitaso. Laskennassa käytettiin maan tilavuuspainona 18 kN/m^3 ja kitkakulmana 38° .

Ankkurin kärjen syvyys 1,35 m, jolloin nousevan sylinterin korkeus on 1,05 metriä ja halkaisija sama kuin ankkurilla 0,3 metriä. Sylinterin paino on 1,4 kN.

Kitkakulmaa 38° vastaava maan passiivipainekerroin on 4,2. Sylinteriä vastaan kohdistuva maanpaine P_p saadaan:

$$P_p = 4,2 \times 1,05 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 \times 1,05 \text{ m} \times 0,5 \times 0,3 \text{ m} \times 3,14 \\ = 39 \text{ kN}$$

$$P_p \times \tan \phi = 39 \times 0,781 = 30,5 \text{ kN}$$

$$\text{Ankkurin kapasiteetti on } 30,5 + 1,4 = 31,9 \text{ kN}$$

Toinen laskentatapa on olettaa murtumisen tapahtuvan niin, että ankkuri vetää ylös kartion muotoisen maakappaleen. Kartion kulma on maan kitkakulman mukainen, jolloin siihen ei kohdistu kitkavoimaa ja ankkurin murtokuorma on kartion paino.

Kartion kärkikulma on $2 \times 38^\circ = 76^\circ$ jolloin sen tilavuus on $1,23 \text{ m}^3$. Maan tilavuuspainolla 18 kN/m^3 on ankkurin kapasiteetti $22,2 \text{ kN}$.

Koevedossa ankkuri kesti 51 kN jännityksen eikä murtumista ollut vielä havaittavissa.

Ankkurien 3 ja 5 kapasiteetti laskettiin vastaavasti. Kaikille ankkureille laskettiin murtokuormat myös sellaisessa tapauksessa, että pohjavesi on maanpinnassa. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

3

KOHEESIOMAA-ANKKURIT

N:O 2 JA 4

Savessa murtuminen ei tapahdu samoin kuin kitkamaassa, vaan murtuva maa väistyy sivuille jolloin vastus on merkittävästi pienempi kuin kitkamaassa. Murtotapa on sama kuin puristin-kairauksessa. Laskenta tapahtuu samalla periaatteella toisinpäin kuin arvioitaessa maan leikkauslujuutta puristinkairauksen kärkivastuksen perusteella.

Murtokuorman suuruus riippuu kärjen pinta-alasta ja saven leikkauslujuudesta eikä ankkurointisyvyydellä eikä pohjaveden asemalla ole merkitystä silloin kun ankkurointisyvyys on vähintään kolminkertainen ankkurin leveyteen verrattuna.

Piste 2

Ankkurointiosuus sijaitsi pehmeässä savessa. Saven leikkauslujuus on lähellä tehtyjen siipikairausten perusteella 12 kN/m^2 .

Maan leikkauslujuutta arvioidaan puristinkairauksen kärkivastuksen perusteella jakamalla kärkivastus luvulla $10...15$.

Ankkurin halkaisija oli $0,5$ metriä. Ankkurin kapasiteetti saadaan:

$$F = 10 \times A \times S_u = 10 \times 0,2 \text{ m}^2 \times 12 \text{ kN/m}^2 = 24 \text{ kN}$$

Koeponnistuksessa mitattu murtokuorma oli noin 20 kN .

Pisteen 4 kapasiteetti laskettiin vastaavasti. Paikalta ei ollut käytettävissä siipikairaustuloksia, mutta leikkauslujuudeksi arvioitiin painokairausvastuksen perusteella 30 kN/m^2 . Tulokset on esitetty taulukossa 1.

